

La science peut-elle tout expliquer ?

Benjamin L. Clausen

La science et la technologie affectent presque tous les aspects de notre vie. Les produits que nous mangeons ont poussé grâce aux engrais et aux pesticides ; ils contiennent des agents de conservation et autres additifs alimentaires ; ils sont vendus dans des emballages de plastique. La communication, grâce au téléphone, à la radio, à la télévision, au fax, au courrier électronique et aux photocopieuses, est rapide et efficace. Les transports se font facilement. Les ordinateurs font une grande partie des travaux de comptabilité et de traitement de texte. Nos loisirs nous viennent de nos disques compacts, de nos magnétophones et de nos parcs d'attraction à technologie avancée. Jusqu'à notre santé et notre espérance de vie qui se sont améliorées de façon remarquable, grâce aux découvertes scientifiques, comme la pénicilline ou le vaccin anti-polio. Et l'on pourrait mentionner des objets aussi communs que le stylo bille ou les vêtements qui ne nécessitent aucun repassage.

Devant de tels résultats, le gouvernement et l'industrie privée sont disposés à investir des millions de dollars dans la recherche scientifique. Maintes études ont mis en valeur la logique, la beauté et la continuité qui règnent dans le monde naturel. Le désir de percer les secrets de la nature pour les utiliser à des fins humanitaires permet de surmonter les barrières politiques et crée une atmosphère de fraternité parmi les savants. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que certains pensent que la science est sans doute la réponse à tous nos problèmes. Mais quels que soient ses hauts faits, la science a ses limites.

Le chrétien, bien sûr, croit que la réalité dépasse les observations scientifiques. Les miracles décrits dans la Bible, en particulier l'incarnation et la résurrection de Jésus-Christ, centre du christianisme, ne peuvent pas être étudiés selon une méthode scientifique. Ces événements produisent plus aujourd'hui ; ils ne peuvent être ni observés, ni

répétés, ni modifiés, et par conséquent, ne peuvent pas être l'objet de contrôles scientifiques. Outre les événements « miraculeux », la science ne possède aucune réponse toute faite aux questions d'ordre moral et éthique. Plus important encore peut-être, la science, incapable de maîtriser la mort, a de la peine à donner un sens à la vie.

A supposer que l'on veuille ignorer ces données, la science, de par sa nature inductive même, présente des limitations intrinsèques. La meilleure illustration en sera l'étude historique d'un modèle scientifique, par exemple la lumière en physique.¹

L'onde lumineuse

Dès la fin du 17^e siècle, on avait observé toutes les propriétés élémentaires de la lumière. Elle se déplace en *lignes droites* à une *vitesse régulière*. Elle est *réflétée* comme par un miroir. Elle est *réfractée* ou *déviée* lorsqu'elle passe d'un milieu à un autre, par exemple de l'air à l'eau ou au verre. C'est cette propriété qui explique les arcs-en-ciel et qu'exploitent maintenant les fabricants de verres optiques et télescopes. La lumière peut aussi être *diffractée*, ou distendue, quand elle passe par un petit orifice, de la même manière que le cours d'une rivière s'allonge dans un méandre. Cette même propriété, au niveau du son, nous permet d'entendre des bruits dans des tournants. La lumière est soumise à un phénomène d'*interférence* de la même manière que deux pierres jetées dans une mare vont se croiser, tout en continuant leur parcours individuel. Un accordeur utilise l'interférence des ondes sonores, ou la fréquence rythmique, pour accorder un piano. Cette propriété de la lumière explique les auroles de couleurs dans les taches d'huile, les bulles de savon, les plumes de paon ; c'est aussi le phénomène physique qui a permis la création de l'hologramme. La lumière peut également être *polarisée*, c'est à dire forcée à vibrer sur un plan unique,

de la même manière que la corde de la guitare peut être contrainte à vibrer horizontalement seulement. C'est à cette propriété que font appel les lunettes de soleil polaroid, qui réduisent l'éclat de la lumière.

Toutes ces propriétés ont été expliquées à diverses époques, en terme de particules discrètes, de la grosseur d'une balle, ou d'ondes continues, semblables aux ondes liquides. Vers la fin du 17^e siècle, Isaac Newton attribua une structure corpusculaire à la lumière, théorie qui domina la pensée scientifique du 18^e siècle. Christian Huygens, contemporain de Newton, préféra penser à la lumière en terme d'oscillations, rappelant les ondes liquides ou sonores. Cette théorie ondulatoire fut privilégiée au 19^e siècle, et la seule retenue à la fin du siècle.

Cette dernière conception avait le mérite d'expliquer la plupart des observations faites en physique à cette époque-là. Une propriété toute simple d'une onde est le rapport : $vitesse = fréquence \times longueur \text{ d'onde}$. Imaginez des vagues échouant sur une plage ; on appelle fréquence le nombre de vagues par minute. La longueur d'onde est la distance entre deux vagues. Si vous multipliez ces deux quantités, vous trouvez la vitesse des vagues. De la même manière, les ondes sonores émises par un piano proviennent de la vibration des cordes et parviennent à l'oreille à une vitesse constante. Des cordes courtes donnent un son avec une petite longueur d'ondes, résultant d'une fréquence plus grande et plus haute. Des cordes longues émettent un son dont la longueur d'ondes est plus grande et plus basse. La fréquence approximative du « do » du milieu du clavier est de 262 vibrations par secondes ou Hertz, et sa longueur d'ondes dans l'air est d'environ 1,3 mètre. Sa vitesse est donc de 340 mètres par seconde. (La plupart des gens peuvent entendre de 20 Hz à 15 000 Hz, tandis que les chiens et les chauves-souris captent des fréquences beaucoup plus élevées.)

Le concept de fréquence ondulatoire peut s'étendre à la lumière. La lumière rouge possède la fréquence la plus basse de la lumière visible par les humains, et le violet, la plus haute. Et de même qu'il y a des fréquences sonores plus élevées que celles émises par un piano, les rayons ultraviolets qui brûlent la peau ont une fréquence supérieure au violet. Les rayons X utilisés pour les diagnostics médicaux et les rayons gamma provenant de la radio-activité ont une fréquence encore plus élevée. A l'opposé du spectre solaire, les fréquences inférieures au rouge commencent avec les rayons infrarouges que nous percevons comme source de chaleur, puis se trouvent dans les micro-ondes utilisées en cuisine, et enfin dans les ondes radiophoniques. Notez que si vous multipliez une fréquence de radio ordinaire, AM par exemple de 1 000 kHz (ou un million de cycles par seconde) par sa longueur d'ondes de 300 mètres, vous trouvez la vitesse de la lumière : 300 millions de mètres par seconde.

La lumière est produite par des champs électriques et magnétiques qui se modifient ; ainsi, l'onde lumineuse inclut aussi des phénomènes d'électricité et de magnétisme. Les ondes radiophoniques sont produites par électricité dans une station de radio avec transmetteur par antenne, et la lumière visible vient de l'électricité dans une ampoule ou un éclair. L'électricité est produite par le déplacement d'aimants dans un générateur à vapeur ou hydroélectrique. Les ondes lumineuses, des rayons gamma à la lumière visible et aux ondes radiophoniques, font toutes partie du spectre électro-magnétique.

Presque tous les phénomènes observés concernant la lumière, l'électricité et le magnétisme ont été décrits, il y a près de cent ans, par James Clerk Maxwell, dans le cadre de quatre équations. Sa théorie d'onde de radiation électromagnétique était détaillée, complète, harmonieuse et logique. Etant donné tous les phénomènes que la théorie ondulatoire de la lumière pouvait ex-

pliquer, elle semblait bien préférable à la conception corpusculaire proposée par Newton. A la fin du 19^e siècle, les savants se sentaient satisfaits de leur compréhension de la lumière ; ils pensaient qu'il y avait peu de choses supplémentaires à découvrir dans ce domaine. La théorie ondulatoire, à part quelques détails, semblait tout à fait satisfaisante.²

Une révolution dans la théorie de la lumière

Plusieurs points, pourtant, restaient encore inexplicables. Les tentatives pour éclaircir ces problèmes ont entraîné deux révolutions majeures.³

La relativité. La première difficulté concernait le milieu dans lequel la lumière se déplace. Les ondes liquides se propagent dans l'eau, et les ondes sonores, dans l'air. Mais les ondes lumineuses, allant du soleil à la terre, traversent l'espace où il ne semble pas y avoir de milieu déterminé. On a émis l'hypothèse que la substance ambiante appelée éther tenait lieu de milieu. On fit beaucoup d'expériences dans le but de le prouver, mais en vain. La tentative d'assimilation des ondes liquides aux ondes lumineuses donna naissance à une théorie approximative qui apporta des explications satisfaisantes à de nombreux phénomènes, à part celui du milieu de la lumière. Vers 1905, Albert Einstein résolut le problème en supposant tout simplement que les ondes lumineuses ne pouvaient pas être calquées entièrement sur les au-

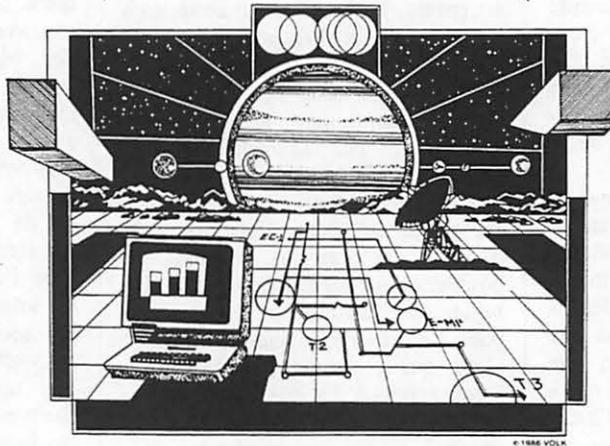
tres ondes. Dans sa théorie de la relativité restreinte, il suggéra que les ondes lumineuses se déplacent indépendamment du milieu (ou d'un cadre donné).⁴

La théorie de la relativité restreinte postulait que, si l'on observait un objet se déplaçant à une vitesse proche de celle de la lumière, la masse de l'objet semblait augmenter, sa longueur raccourcir et son temps ralentir. Cette hypothèse a été confirmée par des expériences scientifiques et les équations de la relativité restreinte sont maintenant communément utilisées pour décrire des expériences sur des accélérateurs de particules. Les observations faites à des vitesses « de tous les jours » ne peuvent pas expliquer ce qui se passe à des vitesses proches de celle de la lumière.

La mécanique quantique. Le second problème était de savoir si la lumière était vraiment une onde ou pas. La théorie corpusculaire de Newton avait été abandonnée depuis longtemps pour la théorie ondulatoire, mais cette dernière ne pouvait pas expliquer certaines observations, telle la catastrophe des ultraviolets. Les ondes sonores à hautes fréquences peuvent être produites par la vibration d'une seule corde de piano sur un cadre de qualité médiocre qui permet la transmission de l'énergie à toutes les cordes. Mais les ondes lumineuses provenant d'un fer chauffé au rouge comportent très peu d'ondes ultraviolettes à hautes fréquences. L'explication de cette inconséquence (la « catastrophe des ultraviolets ») fut donnée en 1900 par Max Planck qui définit la lumière en terme de particules d'énergie, avec davantage d'énergie par particules pour la lumière à haute fréquence.

Les rayons ultraviolets à haute fréquence nécessiteraient trop d'énergie par particule pour être produits sur le champ.

La théorie selon laquelle la lumière est une particule ou un quantum d'énergie fit un pas de plus, vers l'élaboration de la mécanique quantique⁵ qui proposa aussi des hypothèses avancées sur le monde physique infiniment petit.



Par exemple, la mécanique quantique émit l'hypothèse selon laquelle les particules comme les électrons devraient parfois être traités comme des ondes, ce qui rendrait leur localisation exacte pratiquement impossible ; cette théorie suggéra aussi que les électrons d'un atome ne pouvaient évoluer que dans certaines orbites discrètes. Ces hypothèses ont été confirmées. C'est à la mécanique quantique que l'on a recours actuellement pour expliquer les systèmes chimiques régulateurs de tension, le microscope électronique, le laser, le transistor, la puissance nucléaire et la radioactivité. Mais dans le processus, elle a intégré certains éléments de la théorie corpusculaire de Newton d'il y a deux cents ans. Aujourd'hui, nous constatons que la lumière est considérée comme une onde dans certains cas et comme un ensemble de particules dans d'autres, et nous savons qu'une simple compréhension des ondes liquides ne peut pas être étendue à l'infiniment petit.

Analyse de ces révolutions

Même si l'on veut ignorer la possibilité d'une intervention surnaturelle dans le monde, ces deux révolutions mettent l'accent sur plusieurs limitations sérieuses de la science.

Même dans le monde naturel on manque de données. Il y a cent ans, personne n'avait observé des corps se déplaçant à une vitesse proche de celle de la lumière, ou n'avait pas conscience de l'existence de petites particules dans l'atome ou le noyau. Comme la science est inductive, une théorie peut être correcte (en ce qu'elle explique toutes les observations du moment) sans pour autant être complète (en ce qu'elle est incapable de rendre compte de certaines observations futures ou d'événements passés).

Des explications satisfaisantes manquent même pour des données généralement acceptées. La lumière venant du soleil ne peut pas être expliquée, si l'on exclut l'hypothèse d'un milieu pour la lumière. La théorie ondulatoire est incapable de rendre compte de la catastrophe des ultraviolets.

Même dans le cas d'explications logiques, on a recours à des appro-

ximations simplifiées (théories). La théorie ondulatoire de la lumière était seulement une approximation. Au fur et à mesure que la science découvrait les conditions inhabituelles et extrêmes des grandes vitesses, des énergies, et de l'infiniment petit, différentes lois s'imposèrent. L'intuition et le raisonnement



à partir de l'observation des événements de tous les jours ne suffisaient plus. L'extrapolation allant du connu et de l'explicable vers l'inconnu et l'extrême était utile, mais seulement approximative.

Même si une seule théorie est retenue, d'autres sont aussi possibles. La théorie ondulatoire de la lumière satisfaisait il y a un siècle, mais maintenant nous savons qu'une théorie corpusculaire doit aussi être prise en considération pour rendre compte de certaines observations.

Malgré les diverses révolutions qui ont marqué l'interprétation scientifique par le passé, il est toujours tentant de penser que les conceptions du moment sont supérieures et qu'il est inutile de les remettre en question. Pourtant, même récemment, plusieurs découvertes inattendues ont indiscutablement changé de manière radicale les perspectives de la science. Une nouvelle branche de la science que l'on appelle parfois « chaos » étudie les nouvelles observations scientifiques selon lesquelles des changements infimes des conditions initiales peuvent complètement modifier les résultats finals, et qu'un ordre en profondeur peut être observé dans certains phénomènes jugés auparavant trop complexes pour être classifiés.⁶ La géologie a récemment

accepté des processus extrêmes et inhabituels, comme les plaques tectoniques, pour expliquer la formation des montagnes et le relief sous-marin, et des phénomènes extraterrestres pour expliquer la disparition des dinosaures.⁷

La méthode scientifique qui s'appuie sur l'expérimentation pour étudier les relations de cause à effet a fait ses preuves, en particulier dans notre société hautement industrialisée. Mais nous ne devons quand même pas oublier que la science, étant une entreprise humaine, est limitée. Elle n'est pas exhaustive parce qu'inductive. Elle n'englobe pas toutes les éventualités, toutes les explications, toutes les données possibles, et elle ne laisse aucune place au surnaturel.

NOTES

1. Voir George Gamov, *The Great Physicists From Galileo to Einstein* (New York : Dover, 1988) ; voir aussi Edmund T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity* (New York : Dover, 1989).

2. Voir Nathan Spielberg et Byron D. Anderson, *Seven Ideas That Shook the Universe* (New York : Wiley, 1987).

3. Voir Bernard I. Cohen, *Revolution in Science* (Cambridge, Mass. : Harvard University Press, 1985) ; voir aussi Richard Morris, *Dismantling the Universe* (Simon and Schuster, 1984) ; Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd ed. (Chicago : University of Chicago Press, 1970).

4. Voir Clement V. Durell, *Readable Relativity* (New York : Harper and Row, 1960).

5. Voir George Gamov, *Thirty Years That Shook Physics* (New York : Dover, 1966) ; voir aussi Richard P. Feynman, *QED : The Strange Theory of Light and Matter* (Princeton, N.J. : Princeton University Press, 1985).

6. Voir James Gleick, *Chaos : Making a New Science* (New York : Penguin, 1987) ; voir aussi Kevin C. de Berg, « A Random Universe ? Order and Chance in Nature and Scripture », *Dialogue* 2 : 3 (1990), pp. 10-12.

7. Voir A. Hallam, *Great Geological Controversies* (New York : Oxford, 1989).

Benjamin L. Clausen, (Ph. D., University of Colorado) fait de la recherche scientifique au Geoscience Research Institute, à Loma Linda, en Californie.